

乡村振兴与数字经济系统耦合及城乡收入差距影响机制分析建模摘要

乡村振兴是实现中华民族伟大复兴的一项重大任务。乡村振兴、数字经济与城乡收入差距的分析建模，目的是将数字经济与乡村振兴纳入统一框架，探索构建二者耦合发展的数学模型，分析判断缩减我国居民城乡收入差距的影响机制，为国家加速建设数字经济，推动农村等经济欠发达地区的现代化转型提供可行方案。很有必要以理论层面的系统分析为出发点，确定乡村振兴和数字经济 2 种指标体系的层次结构，以现有数据的统计分析为落脚点，通过实证验证层次分析模型的科学性和稳健性，形成指标体系-数学模型-实证检验-分析预测-政策建议的完整研究框架。

针对问题一：问题 1 是典型的系统耦合分析问题，目标是建立耦合协调度模型。基于官方权威数据和实证研究模型，将乡村振兴任务与数字经济发展纳入统一框架，构建形成指标体系-数据分析-实证检验的可靠模型。根据模型求解耦合协调程度，分析破解影响数字经济与乡村振兴耦合存在的主要问题。

针对问题二：问题 2 的目标是建立城乡居民收入差距分析模型，在问题 1 的耦合协调程度影响关系分析的基础上，针对中国城乡收入差距建立乡村振兴和数字经济两个维度的数学模型，通过实证研究检验模型的合理性。根据相关文献，考虑到城乡收入差距影响因素的多元性，在设定被解释变量、核心解释变量的基础上，设置控制变量、中介变量以及随机误差影响指标，初始假设数字经济可能对城乡居民收入差距产生的 U 型影响趋势，通过描述性统计分析和 SPSS 综合分析模块，实证验证模型构建的合理性。

针对问题三：问题 3 的目标是建立条件限制预测模型，即寻找合适的指标因素，探究测算城乡收入差距模型的限制条件或者理论假设，科学预测我国城乡居民收入比可以达到 OECD 成员国 1.25 的水平以下的时间。根据回归预测模型的计算结果，国家还需在乡村振兴指标体系的相关内容建设上增大投入力度，协调发展产业兴旺与生态宜居等业态，在疫情受到有效控制的基础上，大约需要经过 23 年至 25 年可达到城乡居民收入差距比为 1.25 的水平。

关键词：乡村振兴 数字经济 城乡收入差距 耦合 实证模型

目录

乡村振兴与数字经济系统耦合及城乡收入差距影响机制分析建模	I
摘要	I
1 问题综述	1
1.1 问题背景	1
1.2 问题提出	1
1.3 资料条件	1
2 模型假设与符号说明	2
2.1 模型基本假设	2
2.2 符号说明	2
3 指标体系的构建	3
3.1 乡村振兴子系统指标体系	3
3.2 数字经济子系统指标体系	3
4 数据预处理	4
4.1 指标体系数据处理	4
4.1.1 指标选取	4
4.1.2 数据清洗	5
4.1.3 数据规约	5
4.2 指标数据信效度检验	5
4.2.1 信度检验	5
4.2.2 效度检验	5
4.2.3 总方差解释	5
5 问题分析与模型建立	6
5.1 问题分析	6
5.1.1 问题整体分析	6
5.1.2 问题 1 的分析	6
5.1.3 问题 2 的分析	7
5.1.4 问题 3 的分析	7
5.2 模型建立	8
5.2.1 耦合协调度模型	8
5.2.2 城乡居民收入差距模型	8
5.2.3 变量控制时间预测模型	8
5.3 模型求解与实证检验	8
5.3.1 问题 1 的求解及实证检验	8
5.3.1.1 指标权重的求取	8
5.3.1.2 子系统发展指数的求取	9
5.3.1.3 系统耦合协调度等级划分	9

5.3.1.4 系统耦合度与协调度的求解	10
5.3.2 问题 2 的求解及实证检验	11
5.3.2.1 变量设计	11
5.3.2.2 模型拟合	12
5.3.2.3 实证检验	14
5.3.3 问题 3 的求解	17
5.3.3.1 基准模型	17
5.3.3.2 模型求解	17
5.4 结果分析	18
5.4.1 数字经济与乡村振兴的耦合协调水平	18
5.4.1.1 系统耦合协调测算综合分析	18
5.4.1.2 子系统综合发展指数分析	18
5.4.1.3 子系统的耦合协调程度分析	18
5.4.2 影响城乡居民收入差距的特征与机制	18
5.4.3 缩减与 OECD 成员国差距的措施建议	19
6 模型应用及分析	19
6.1 指标体系理论分析	19
6.2 系统耦合等级分析	19
6.3 模型的稳健性检验	20
7 模型评价与改进	20
7.1 模型的优点	20
7.2 模型的不足	20
7.3 模型的改进	20
参考文献	21
附 录	22
附录 A: 关键数据	错误！未定义书签。

1 问题综述

1.1 问题背景

目前,我国城乡发展不平衡不充分的矛盾依然突出.2021年,全国居民人均可支配收入35128元,其中城镇居民人均可支配收入47412元,农村居民人均可支配收入18931元,城乡居民收入比超过2.5,与美国等OECD成员国相比还有较大差距,城乡收入差距问题已成为影响我国人民共同富裕发展大局的现实问题.基于此,很有必要厘清和研判影响我国城乡收入差距的主要因素及影响方式,为加速经济欠发达地区的现代化转型等乡村振兴问题提供可行方案.

2018年9月26日,中共中央、国务院印发《乡村振兴战略规划(2018—2022年)》(以下简称《规划》),对实施乡村振兴战略的第一个5年工作作出具体部署和全面指导.随着近年来诸多新兴技术的快速发展和广泛应用,数字经济的衍生发展引发了社会和经济和整体性深刻变革,基于此,许多学者就乡村振兴与数字经济的耦合协调发展及数字经济与城乡收入差距的影响关系展开研究,提出了多种分析建模算法,有效地反映了特定因素下城乡居民收入差距的影响机制.但是,当前学术办普遍使用和构建的数字经济和乡村振兴指标体系还不尽科学、合理,部分研究成果重“技”轻“道”的现象还比较突出,以局部的数字分析代替全局、系统的运行机制还比较普遍,因此,很有必要建立一套更为科学、理性、可靠的数据分析指标体系,运用多种先进算法加以检验,为数字经济有效助力乡村振兴提供政策建议和对策参考.

1.2 问题提出

十四五规划提出“推动农村一二三产业融合发展,实现农业农村现代化和人才振兴”.目前,我国城乡缩小城乡收入差距的核心在于激发农业农村内生发展活力,随着新兴技术产业的发展,数字经济有效降低了信息搜寻和信息匹配成本,能够赋能传统农业资本和乡村人力资本,有利于实现城乡要素深度融合发展,打造农业现代化新业态,提升乡村劳动生产效率,缩小城乡收入差距.然而,目前数字经济的发展面临两大现实难题.一是当前各地数字基础设施建设推进程度不一,城乡居民数字素养间差异较大,城乡“数字鸿沟”的划分存在“可接入性”和“可鉴别与利用程度”两级,两级数字鸿沟的存在会制约数字经济共享性的释放,可能加剧城乡收入差距矛盾.二是乡村振兴离不开农业的繁荣发展,但我国数字经济对农村地区的影响仍主要集中于消费末端,生产、研发端的嵌入尚不明显.

根据上面描述,本研究着重解决以下四个问题:一是构建乡村振兴和数字经济2种指标体系,形成指标体系-数学模型-实证检验-分析预测-政策建议的完整研究框架;二是建立耦合协调度模型,根据模型求解耦合协调程度,分析破解影响数字经济与乡村振兴耦合存在的主要问题;三是建立城乡居民收入差距分析模型,实证验证模型构建的合理性;四是探究测算城乡收入差距模型的限制条件或者理论假设,科学预测我国城乡居民收入比可以达到OECD成员国1.25的水平以下的最佳条件和时间区间.

1.3 资料条件

数据来源主要参照了《乡村振兴战略规划(2018—2022年)》、国家统计局官方网站、《中国统计年鉴》、《中国农村统计年鉴》、《中国城乡建设统计年鉴》,以及《中国淘宝村研究报告》等文献和网站资料.各文件的详细说明如下:

- 《乡村振兴战略规划(2018—2022年)》该文件提供了乡村振兴指标体系构建的准则维度和具体指标,是乡村振兴子系统模型构建的基础框架.

- 国家统计局官网: <http://www.stats.gov.cn/> 该网站提供了指标体系内的主体定量指标数据, 是模型构建的重要数据支撑.

2 模型假设与符号说明

2.1 模型基本假设

- (1) 所构建的乡村振兴-数字经济指标体系具备一定的科学性, 所属指标能够完整表征乡村振兴和数字经济的内容;
- (2) 乡村振兴与数字经济两个子系统间存在较强的相互作用影响关系;
- (3) 乡村振兴、数字经济两个子系统对城乡差距的影响是非线性的;
- (4) 数字化基础设施在城乡间的分布均衡.

2.2 符号说明

本文定义了如下 17 个使用次数较多的符号, 其余符号在使用时注明.

表 1 符号说明

符号	含义	单位
$f(x)$	乡村振兴的发展指数	
$g(y)$	数字经济的发展指数	
X_1	产业兴旺	
X_2	生态宜居	
X_3	乡风文明	
X_4	治理有效	
X_5	生活富裕	
Y_1	数字基础设施	
Y_2	农业数字化	
Y_3	农业数字产业化	
C	系统耦合度	
T	子系统的综合发展协调指数	
D	耦合协调度	
z'_{ij}	指标标准化结果	
e_j	第 j 个指标的信息熵	
ω	第 j 个指标的权重	
Z	城乡居民平均收入差距	

3 指标体系的构建

3.1 乡村振兴子系统指标体系

根据《规划》中提出的实施乡村振兴战略任务和部署的 15 类 82 项重大工程、重大计划和重大行动，研究构建以乡村振兴为总目标，选取以 "产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕" 总要求的 5 个维度为准则，以推动农村产业深度融合、完善密切利益联结机制、激发农村创新创业活力，建设美丽宜居村庄，推进农村精神文明建设，加强农村基层党组织领导，健全公共就业服务体系、增加农村公共服务供给等 20 个具体指标的乡村振兴指标体系，如图 1 所示。

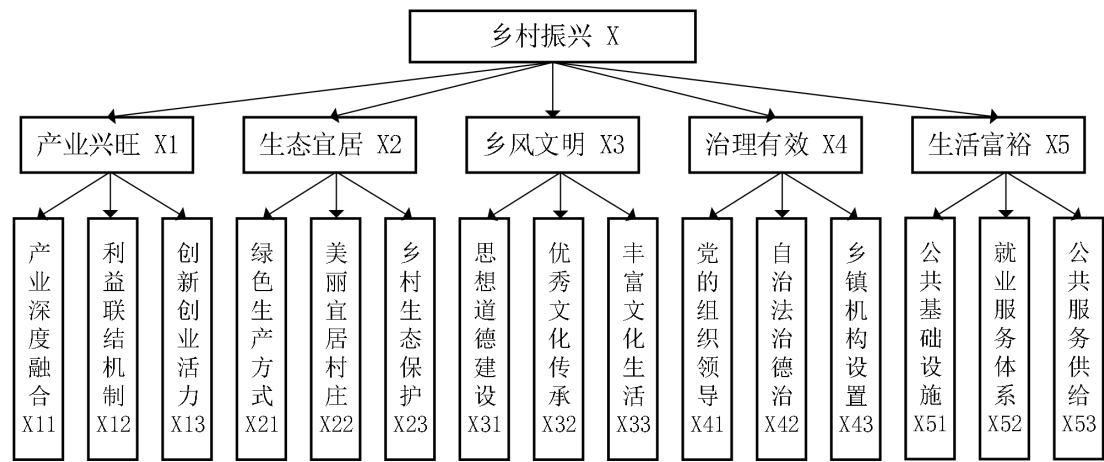


图 1 乡村振兴指标体系

3.2 数字经济子系统指标体系

按照数字经济的普遍分类方法，结合数字经济与农业产业的业态特点，研究构建以数字经济为总目标，选取 "数字基础设施、农业数字化、农业数字产业化" 3 个维度为准则建立子系统指标体系，如图 2 所示。

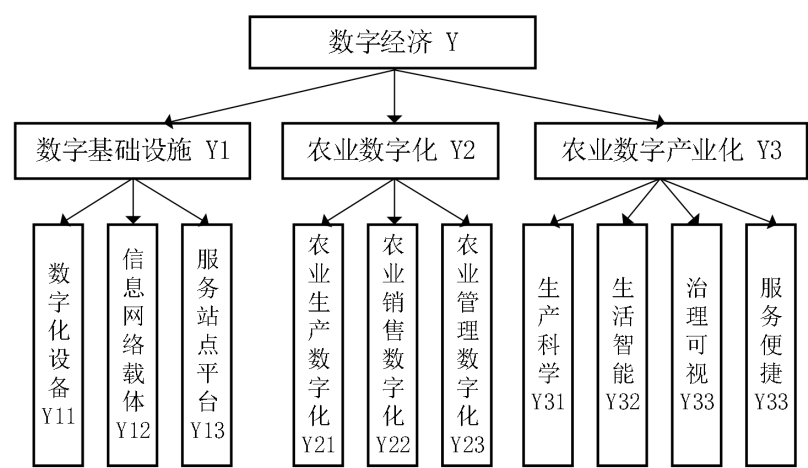


图 2 数字经济指标体系

其中，数字基础设施主要由互联网、数据中心、人工智能等数字技术赋能的数字化设备、数字化的信息网络载体和服务站点平台等组成；农业数字化是应用数字技术以及数据资源而为传统农业产业赋能，也是数字技术与实体经济相融合，也可理解为农业产

业由数字技术赋能；农业数字产业化是指为农业产业的数字化发展提供数字化的新兴技术、数字产品、管理活动和服务方案等，并完全由数字技术、数据要素支撑的农业经济活动，简单理解为农业数字技术的产业化发展。

4 数据预处理

4.1 指标体系数据处理

4.1.1 指标选取

根据指标选取的法律政策依据、理论依据和现实依据三个原则，其中，法律政策依据是指依据党和政府文件中涉及数字经济与乡村振兴耦合的阐释，理论依据是指依据学术界关于数字经济与乡村振兴耦合、数字经济指标体系、乡村振兴指标体系等理论成果；现实依据是指依据数据的可获得性和可操作性，主要用于具体衡量中代理指标遴选。本研究根据乡村振兴和数字经济两个子系统8个准则，遴选出包含28个具体指标的耦合系统，指标权重由熵权法计算得出。

表 2 乡村振兴—数字经济耦合系统指标体系

目标层	准则层	指标层 (单位, 属性)
乡村振兴	X1 产业兴旺	X11 劳动生产率(万元/人, +)
		X12 土地生产率(元/亩, +)
		X13 全国农作物综合机械化率(%, +)
		X14 第一产业增加值比重(%, +)
		X15 粮食综合生产能力 (亿吨, +)
		X16 农业科技进步贡献率 (%, +)
	X2 生态宜居	X21 农村乡镇卫生院卫生人员数(万人, +)
		X22 农村万人医疗机构床位数(张, +)
		X23 农村卫生厕所普及率 (%, +)
		X24 果园面积 (千公顷, +)
	X3 乡风文明	X31 文化站覆盖率(%, +)
		X32 乡镇文化站组织文艺活动(次, +)
		X33 教育文化和娱乐类农村居民消费价格指数 (**, +)
		X34 农村电视人口覆盖率(%, +)
	X4 治理有效	X41 村民委员会数 (个, +)
		X42 乡镇个数(次 , +)
		X43 治安案件发生数(次 , -)
	X5 生活富裕	X51 农村人均可支配收入 (元/人, +)
		X52 农村人均消费支出 (元/人, +)
		X53 恩格尔系数(%, -)
		X54 每百户拥有家用汽车数量 (辆, +)
数字经济	Y1 数字基础设施	Y11 农村互联网普及率(%, +)
		Y12 农村智能手机普及率(部/百人, +)
		Y13 农业气象观测站(个, +)
	Y2 农业数字化	Y21 农产品网络零售额(亿元, +)
		Y22 农业生产投资力度(%, +)
	Y31 农业数字产业化	Y31 农村信息技术应用(人, -)
		Y32 农业农村创新创业基地(个, +)

4.1.2 数据清洗

选取 2012 年至 2021 年共 10 年时间的指标数据, 280 项指标数据中缺失 38 项, 其中 13 项为 2021 年度数据统计缺失, 其余数据项缺失主要由于 2016 年统计标准的更新. 运用 IBM SPSS Statistics 23 软件工具, 首先采取 "邻近点的线性趋势" 技术替换缺失值, 尔后对 X43、X53、Y31 三个指标进行反向处理. 最后, 通过人工校正的方法, 将指标体系中明显不合理的脏数据转化为满足数据质量要求的数据, 见附件 1.

4.1.3 数据规约

由于本研究的数据分析是在标准化数据的基础上进行, 因此须将原始数据标准化. 考虑到各类测评数据的量纲不同, 故采用归一化的方式将多个量纲不同的指标原始评价价值转化为无量纲的相对评价价值, 见附件 2.

4.2 指标数据信效度检验

4.2.1 信度检验

采用内部一致性分析最为常用的克隆巴赫 α 系数作为信度衡量标准. 本研究运用 IBM SPSS Statistics 23 软件进行统计分析, 输出结果如表所示, 乡村振兴指标体系的 α 系数值为 0.993, 数字经济指标体系的 α 系数值为 0.964, 耦合系统的 α 系数值为 0.994, 表明指标体系构建的内在一致性较高, 分析结果可信度较高.

表 3 可靠性统计

区分	克隆巴赫 α 系数	基于标准化项的克隆巴赫 α 系数	项数
乡村振兴指标体系	.993	.993	21
数字经济指标体系	.964	.967	7
耦合系统指标体系	.994	.994	28

* α 系数取值范围为 0 至 1, 值越高表明内在一致性越好

4.2.2 效度检验

利用 SPSS 软件对指标体系的数据进行适应性检验和主成分分析, 输出数字经济指标体系的 KMO 值为 0.702, 巴特利特球形度检验表现为极显著, 说明指标体系结构较稳定, 可以开展相关研究.

表 4 KMO 和巴特利特检验

KMO 取样适切性量数		.702
巴特利特球形度检验	近似卡方	108.217
	自由度	21
	显著性	.000

* KMO 值越接近 1, 表明结构效度越高

4.2.3 总方差解释

通过总方差解释计算, 得到乡村振兴和数字经济两个指标体系的总方差解释分别为 94.062% 和 84.455%, 如图所示. 表明两个指标体系选取的指标数据具有较好的内在一致性, 符合数据的测算预期.

总方差解释									
成分	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %
1	18.705	89.073	89.073	18.705	89.073	89.073	13.134	62.541	62.541
2	1.048	4.988	94.062	1.048	4.988	94.062	6.619	31.520	94.062
3	.558	2.655	96.717						
4	.353	1.680	98.397						
5	.202	.962	99.359						
6	.071	.340	99.699						
7	.036	.172	99.870						
8	.024	.113	99.984						
9	.003	.016	100.000						

图 3 乡村振兴指标体系的总方差解释

总方差解释						
成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %
1	5.912	84.455	84.455	5.912	84.455	84.455
2	.778	11.119	95.574			
3	.244	3.490	99.064			
4	.038	.545	99.608			
5	.016	.226	99.834			
6	.010	.148	99.982			
7	.001	.018	100.000			

提取方法：主成分分析法。

图 4 数字经济指标体系的总方差解释

5 问题分析与模型建立

5.1 问题分析

5.1.1 问题整体分析

乡村振兴是实现中华民族伟大复兴的一项重大任务。全面推进乡村振兴是由多种因素决定的，要做到完全准确、客观地评估乡村振兴的发展程度极其困难。本研究认为，应当以理论层面的系统分析为出发点，确定乡村振兴和数字经济 2 种指标体系的层次结构，以现有数据的统计分析为落脚点，通过实证验证层次分析模型的科学性和稳健性，并对模型进行合理化阐释，定量分析乡村振兴、数字经济与城乡收入差距的差异特征。

5.1.2 问题 1 的分析

问题 1 是典型的系统耦合分析问题，目标是建立耦合协调度模型。将乡村振兴任务与数字经济发展纳入统一框架，构建形成指标体系-数学模型-实证检验的可靠模型。目标是运用耦合协调度综合评价模型对乡村振兴和数字经济两个子系统进行分析建模，判断二者的相互作用影响和协调发展水平。根据耦合协调程度分析破解影响数字经济与乡村振兴耦合存在的主要问题，进而围绕指标体系提出针对性的建议。

5.1.3 问题 2 的分析

问题 2 的目标是建立城乡居民收入差距分析模型，在问题 1 的耦合协调程度影响关系分析的基础上，针对中国城乡收入差距建立乡村振兴和数字经济两个维度的数学模型，通过实证研究检验模型的合理性。

根据相关文献，考虑到城乡收入差距影响因素的多元性，在设定被解释变量、核心解释变量的基础上，设置控制变量、中介变量以及随机误差影响指标，初始假设数字经济可能对城乡居民收入差距产生的 U 型影响趋势，采取基于曲线拟合特征筛选方法，以及基于因果关系的特征选择和排序方法构建模型，尔后通过实证研究来验证模型构建的合理性。

回归分析是通过提供变量之间的数学表达式来定量描述变量间相关关系的数学过程。回归分析还可以找出哪些自变量对因变量的影响是显著的，哪些是不显著的，比较适合用于此研究。回归分析常用的方法包括线性回归、多项式回归、决策树回归、支持向量机 (SVM) 回归、K 近邻 (KNN) 回归、随机森林回归、XGBoost、Lightgbm 和神经网络回归等多种。

①线性回归模型速度快，比较适用于建模有线性关系的数据，命题对异常值比较敏感，可以用于本问，但需要通过加入正则项以减少共线性的影响。

②多项式回归可以拟合非线性的数据，可以考虑根据历年来乡村振兴和数字经济指标数据以及城乡居民人均可支配收入值作为训练样本集，从而拟合确定合适的变量指数，可以用于本问。

③支持向量机回归是一种较好的小样本学习方法，可以避免维数灾难，具有较强的鲁棒性，可以用于本问。

④KNN 回归方法模型简单，不用太多调节，即可获得较好效果，并且在小数据集上速度比较快，但对于特征多的数据集不适用，可能会造成维数灾难，因此不适用于本问。

⑤随机森林回归能够处理高维度的数据，不需要作出特征选择，模型的泛化能力比较强，训练速度比较快，即使在部分特征遗失的情况下依然能保持较高的准确度，可以适用于本问。

⑥决策树回归相比随机森林回归，模型的泛化性能比较一般，因此本问不作选择。

⑦神经网络回归是一种非参数非线性方法，不需要进行降维处理，模型泛化能力强，可以适用于本问。

⑧XGBoost 和 Lightgbm 方法都借鉴了随机森林的方法，并在其基础上进行了改进，计算复杂度更低，能有效防止过拟合，也可以适用于本问，但相比随机森林需要的参数更多。

综合对以上方法的分析，本问可利用 IBM SPSS Statistics 23 数学工具进行曲线拟合及多元回归模型进行回归分析，通过在训练数据集上选取部分验证数据进行模型训练，然后比较不同模型的自变量和因变量的相关性程度，最终作出最优的模型选择。

5.1.4 问题 3 的分析

问题 3 的目标是建立条件限制预测模型，即寻找合适的指标因素，探究测算城乡收入差距模型的限制条件或者理论假设，科学预测我国城乡居民收入比可以达到 OECD 成员国 1.25 的水平以下的时间。其中，城乡收入差距模型是问题 2 的数据模型的具体化，可以利用训练数据集和回归预测模型对最优的数据值和对应的特征进行筛选，最后再通

过比较分析不同特征条件下乡村振兴和数字经济不同维度的影响关系，确定最佳的政策条件和时间范围。

5.2 模型建立

5.2.1 耦合协调度模型

耦合协调度表征两个或两个以上子系统相互作用影响的程度，耦合作用和协调程度决定了耦合系统演化发展状况。本文构建的数字经济——乡村振兴耦合系统表现为一种复杂的非线性耦合关系，借鉴张旺等的计算方法^[1-3]，则数字经济——乡村振兴耦合系统协调度模型可表示为：

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (1)$$

其中：

$$C = \left\{ \frac{f(x) \times g(y)}{\left[\frac{f(x) + g(y)}{2} \right]^2} \right\}^{1/2} \quad (2)$$

$$T = \alpha f(x) + \beta g(y) \quad (3)$$

在式(4-6)中，D为耦合协调度，取值范围为0到1；C为耦合度，反映出各变量间存在的耦合关系；T为两个子系统的综合发展指数，代表变量整体发展水平； α 和 β 为乡村振兴与数字经济 2 个维度的权重系数。

5.2.2 城乡居民收入差距模型

基于相关理论和文献分析，研究构建以城乡居民收入差距为因变量，乡村振兴和数字经济指标体系为自变量，时间为中介变量的城乡居民收入差距模型：

$$Z = \alpha \cdot F(x) + \beta \cdot G(y) + C + \gamma \cdot Control + \delta + \varepsilon$$

其中，Z 为城乡居民收入差距，F(x) 为乡村振兴指标体系对收入差距的影响机制，G(y) 为数字经济指标体系对收入差距的影响机制，C 为常数项，Control 为控制变量， α 和 β 分别表示乡村振兴和数字经济指标体系的回归系数， δ 表示地区固定效应， ε 表示随机误差项。

5.2.3 变量控制时间预测模型

采取“回归预测法”建立城乡收入差距比(Z)与乡村振兴(X)和数字经济(Y)指标体系的回归预测模型。

基本思路是：通过“城乡居民收入差距模型”和全国 31 个省（直辖市）的训练样本集，分析预测对象与有关因素之间的总体相关关系，运用参数估计法，建立反映预测对象与主要相关因素之间总体关系的样本回归模型，预测我国城乡居民收入差距的未来状况。

5.3 模型求解与实证检验

5.3.1 问题 1 的求解及实证检验

5.3.1.1 指标权重的求取

(1) 熵权法

熵权法是一种客观赋权方法，能够客观真实地反应隐含在指标数据中的信息，利用其计算出评价指标权重，为综合评价提供依据。熵权法计算公式为（式中， $i=1, 2, \dots, m$;
 $j=1, 2, \dots, n$ ）：

$$e_j = -\frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m \left\{ \frac{z'_{ij}}{\sum_{i=1}^m z'_{ij}} \times \ln\left(\frac{z'_{ij}}{\sum_{i=1}^m z'_{ij}}\right) \right\} \quad (4)$$

第 j 项指标权重为：

$$\omega_j = \frac{-(1-e_j)}{\sum_{j=1}^n (1-e_j)} \quad (5)$$

经计算，得到乡村振兴—数字经济耦合系统指标体系的权重值：

$\omega(x) = [4.47\%, 4.48\%, 4.75\%, 5.68\%, 3.77\%, 5.03\%, 5.19\%, 4.61\%, 4.37\%, 5.52\%, 4.97\%, 4.42\%, 5.41\%, 4.61\%, 4.57\%, 5.67\%, 5.03\%, 4.56\%, 4.56\%, 3.67\%, 4.67\%]$
 $\omega(y) = [16.30\%, 11.64\%, 8.38\%, 15.45\%, 12.95\%, 8.94\%, 26.34\%]$

(2) 主成分分析法

主成分计算权重是一种常见方法，本研究通过 SPSS 中主成分法计算各指标权重，尔后应用到综合评价中的耦合协调度及障碍度相关研究。经计算，得到乡村振兴—数字经济耦合系统指标体系的权重值：

$\omega(x) = [4.68\%, 4.64\%, 5.08\%, 5.01\%, 4.77\%, 5.00\%, 5.05\%, 5.02\%, 5.03\%, 3.97\%, 4.81\%, 4.12\%, 4.00\%, 5.05\%, 4.61\%, 4.94\%, 5.04\%, 4.95\%, 4.97\%, 4.26\%, 5.03\%]$
 $\omega(y) = [15.54\%, 15.33\%, 8.10\%, 15.43\%, 15.69\%, 14.68\%, 15.22\%]$

5.3.1.2 子系统发展指数的求取

子系统发展指数的计算公式为（式中， $i=1, 2, \dots, m$;
 $j=1, 2, \dots, n$;
 m 为年度数， n 为指标总数）：

$$f(x) \text{ or } g(y) = \sum_{j=1}^n \omega_j \times \frac{z'_{ij}}{\sum_{i=1}^m z'_{ij}} \quad (6)$$

经计算，乡村振兴—数字经济子系统发展指数汇总如下：

年份	f(x)	g(y)	f(x1)	f(x2)	f(x3)	f(x4)	f(x5)	g(y1)	g(y2)	g(y3)
2021	0.1772	0.2000	0.0530	0.0341	0.0304	0.0271	0.0326	0.0679	0.0658	0.0663
2020	0.1617	0.1699	0.0454	0.0328	0.0297	0.0260	0.0278	0.0629	0.0529	0.0541
2019	0.1465	0.1562	0.0418	0.0288	0.0257	0.0208	0.0293	0.0597	0.0495	0.0471
2018	0.1272	0.1334	0.0372	0.0254	0.0201	0.0184	0.0261	0.0530	0.0416	0.0387
2017	0.1058	0.1069	0.0324	0.0183	0.0176	0.0159	0.0217	0.0429	0.0318	0.0322
2016	0.0914	0.0860	0.0267	0.0147	0.0186	0.0133	0.0181	0.0359	0.0258	0.0242
2015	0.0754	0.0682	0.0225	0.0132	0.0148	0.0108	0.0140	0.0281	0.0210	0.0191
2014	0.0614	0.0345	0.0169	0.0118	0.0143	0.0074	0.0110	0.0118	0.0126	0.0102
2013	0.0371	0.0286	0.0114	0.0070	0.0064	0.0039	0.0083	0.0144	0.0073	0.0069
2012	0.0167	0.0162	0.0044	0.0045	0.0023	0.0023	0.0033	0.0131	0.0028	0.0003

5.3.1.3 系统耦合协调度等级划分

耦合协调度 D 的取值范围为 0 到 1，系统耦合协调度等级划分标准如表所示：

表 5 系统耦合协调度等级划分标准

耦合协调度 D 值区间	协调等级	耦合协调程度
[0.0~0.1]	1	极度失调
[0.1~0.2]	2	严重失调
[0.2~0.3]	3	中度失调
[0.3~0.4]	4	轻度失调
[0.4~0.5]	5	濒临失调
[0.5~0.6]	6	勉强协调
[0.6~0.7]	7	初级协调
[0.7~0.8]	8	中级协调
[0.8~0.9]	9	良好协调
[0.9~1.0]	10	优质协调

5.3.1.4 系统耦合度与协调度的求解

计算耦合系统的耦合度和耦合协调度, 如表所示. 分子分母分别表示乡村振兴 X 与数字经济 Y 两个子系统的耦合度和耦合协调度.

表 6 乡村振兴-数字经济系统耦合计算结果

年份	耦合度 C 值	协调指数 T 值	耦合协调度 D 值	协调等级	耦合协调程度
2021 年	1	0.99	0.995	10	优质协调
2020 年	0.999	0.862	0.928	10	优质协调
2019 年	1	0.78	0.883	9	良好协调
2018 年	0.999	0.66	0.812	9	良好协调
2017 年	0.998	0.524	0.723	8	中级协调
2016 年	0.995	0.424	0.65	7	初级协调
2015 年	0.992	0.328	0.57	6	勉强协调
2014 年	0.893	0.195	0.418	5	濒临失调
2013 年	0.961	0.106	0.318	4	轻度失调
2012 年	1	0.01	0.1	2	严重失调

表 7 2012 年至 2016 年子系统耦合度与耦合协调度结果汇总

区分	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
XY	1/0.1	0.961/0.318	0.893/0.418	0.992/0.57	0.995/0.65
X1Y1	0.839/0.136	0.89/0.305	0.376/0.226	0.993/0.577	1/0.668
X1Y2	1/0.1	0.95/0.332	0.971/0.454	0.992/0.576	0.994/0.641
X1Y3	1/0.1	0.986/0.359	0.968/0.451	0.991/0.574	0.993/0.64
X2Y1	0.839/0.136	0.97/0.271	0.383/0.224	1/0.544	0.994/0.623
X2Y2	1/0.1	0.997/0.294	0.976/0.449	1/0.543	1/0.598
X2Y3	1/0.1	0.997/0.318	0.973/0.446	1/0.541	1/0.597

X3Y1	0.839/0.136	0.886/0.307	0.299/0.256	0.979/0.602	0.989/0.707
X3Y2	1/0.1	0.947/0.334	0.892/0.513	0.978/0.602	0.975/0.679
X3Y3	1/0.1	0.984/0.361	0.886/0.509	0.977/0.6	0.974/0.678
X4Y1	0.839/0.136	0.992/0.255	0.414/0.215	0.997/0.565	1/0.661
X4Y2	1/0.1	0.999/0.277	0.991/0.431	0.997/0.565	0.996/0.635
X4Y3	1/0.1	0.982/0.299	0.988/0.428	0.996/0.563	0.995/0.634
X5Y1	0.839/0.136	0.859/0.317	0.373/0.227	0.993/0.575	0.997/0.684
X5Y2	1/0.1	0.926/0.345	0.969/0.456	0.993/0.574	0.987/0.657
X5Y3	1/0.1	0.971/0.372	0.966/0.453	0.992/0.572	0.987/0.656

表 8 2017 年至 2021 年子系统耦合度与耦合协调度汇总

区分	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
XY	0.998/0.723	0.999/0.812	1/0.883	0.999/0.928	1/0.995
X1Y1	1/0.751	0.999/0.837	0.999/0.897	0.999/0.932	1/0.995
X1Y2	0.994/0.718	0.999/0.801	1/0.866	1/0.901	1/0.995
X1Y3	0.996/0.726	0.997/0.79	0.999/0.857	1/0.907	1/0.995
X2Y1	0.996/0.712	1/0.846	1/0.911	1/0.962	1/0.995
X2Y2	1/0.681	0.998/0.81	0.999/0.88	0.996/0.93	1/0.995
X2Y3	1/0.689	0.996/0.799	0.997/0.871	0.997/0.935	1/0.995
X3Y1	1/0.741	0.997/0.824	1/0.915	0.999/0.967	1/0.995
X3Y2	0.997/0.708	1/0.789	0.998/0.883	0.995/0.935	1/0.995
X3Y3	0.998/0.716	0.999/0.778	0.997/0.874	0.996/0.941	1/0.995
X4Y1	1/0.741	0.998/0.828	0.998/0.891	1/0.961	1/0.995
X4Y2	0.997/0.708	1/0.793	1/0.86	0.996/0.93	1/0.995
X4Y3	0.998/0.717	0.999/0.782	1/0.851	0.997/0.935	1/0.995
X5Y1	0.998/0.767	1/0.867	1/0.93	0.999/0.93	1/0.995
X5Y2	0.989/0.733	0.993/0.83	0.996/0.897	1/0.9	1/0.995
X5Y3	0.992/0.741	0.99/0.819	0.994/0.888	1/0.905	1/0.995

5.3.2 问题 2 的求解及实证检验

5.3.2.1 变量设计

1.被解释变量

本文借鉴陈斌开等^[4]的做法,用城镇居民人均可支配收入除以农村居民人均可支配收入来衡量城乡收入差距。

2.核心解释变量

根据乡村振兴—数字经济耦合系统指标体系,选取产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕、数字基础设施、农业数字化、农业数字产业化 8 个指标的发展指

数作为核心解释变量，分别以符号 X1、X2、X3、X4、X5 和 Y1、Y2、Y3 表示，以全面表示乡村振兴和数字经济的发展程度。

3.控制变量

基于现有文献的实证经验，不少因素会对城乡收入差距产生重要的影响，为了避免遗漏变量误差的影响，本文控制以下 4 个变量。

对外开放程度. 对外开放通过改变出口结构，进而影响市场主体对熟练劳动力和非熟练劳动力需求，扩大了城乡居民收入差距. 因此，本文借鉴刘军等^[5]做法，使用对外进出口总额占 GDP 比重表示对外开发程度。

交通发达程度. 交通基础设施发展可以促进农民就业非农化，进而为乡村居民带来明显的收入改善效果. 本文借鉴欧阳志刚等^[6]的做法，使用总公路里程数表示。

财政支农支出占比. 财政支农支出比重越高，地方财政扶持农业偏好越强，越有利于推进农业现代化，提高农民经营性收入，进而缓解城乡收入差距. 本文使用财政农林水事业支出占本级财政支出总额表示。

财政教育支出占比. 近年来，我国财政支出取向实现了由建设性向民生性转型，借鉴李盛基等^[7]的观点，本文使用财政教育支出占本级财政支出总额表示。

表 9 城乡收入差距模型的变量描述性统计

变量		样本数量	平均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	城乡居民收入比 Z	10	2.69849820	0.10382890	2.87602813	2.50446357
			2	9	2	8
核心解释变量	产业兴旺 X1	10	0.0281	0.0144	0.0511	0.0042
	生态宜居 X2	10	0.0197	0.0105	0.0353	0.0049
	乡风文明 X3	10	0.0203	0.0102	0.0366	0.0037
	治理有效 X4	10	0.0152	0.0085	0.0284	0.0023
	生活富裕 X5	10	0.0173	0.0085	0.0298	0.0030
	数字基础设施 Y1	10	0.0363	0.0191	0.0637	0.0101
	农业数字化 Y2	10	0.0284	0.0183	0.0607	0.0025
	农业数字产业化 Y3	10	0.0351	0.0288	0.0896	0.0002
	对外开放程度	10	0.3628	0.0482	0.4533	0.3179
	交通发达程度	10	474.4250	33.0632	528.0700	423.7500
控制变量	财政支农支出占比	10	0.0954	0.0026	0.0990	0.0899
	财政教育支出占比	10	0.1517	0.0065	0.1687	0.1456

5.3.2.2 模型拟合

(1) 通过 IBM SPSS Statistics 23 回归分析，曲线拟合出城乡居民收入差距 Z 与乡村振兴指标体系 X、数字经济指标体系 Y 的三次回归模型。

城乡居民收入比 Z 与乡村振兴指标体系 X 的回归计算结果如表 10 和图 5 所示，拟合公式为：

$$Z = -1.87x^3 + 2.565x^2 - 1.32x + 2.971, R = 0.995$$

(7)

表 10 乡村振兴指标体系回归系数求解

	未标准化系数		标准化系数	t	显著性
	B	标准误差	Beta		
乡村振兴值	-1.320	.200	-3.294	-6.601	.001
乡村振兴值 ** 2	2.565	.470	6.576	5.461	.002
乡村振兴值 ** 3	-1.870	.318	-4.381	-5.885	.001
(常量)	2.971	.023		126.661	.000

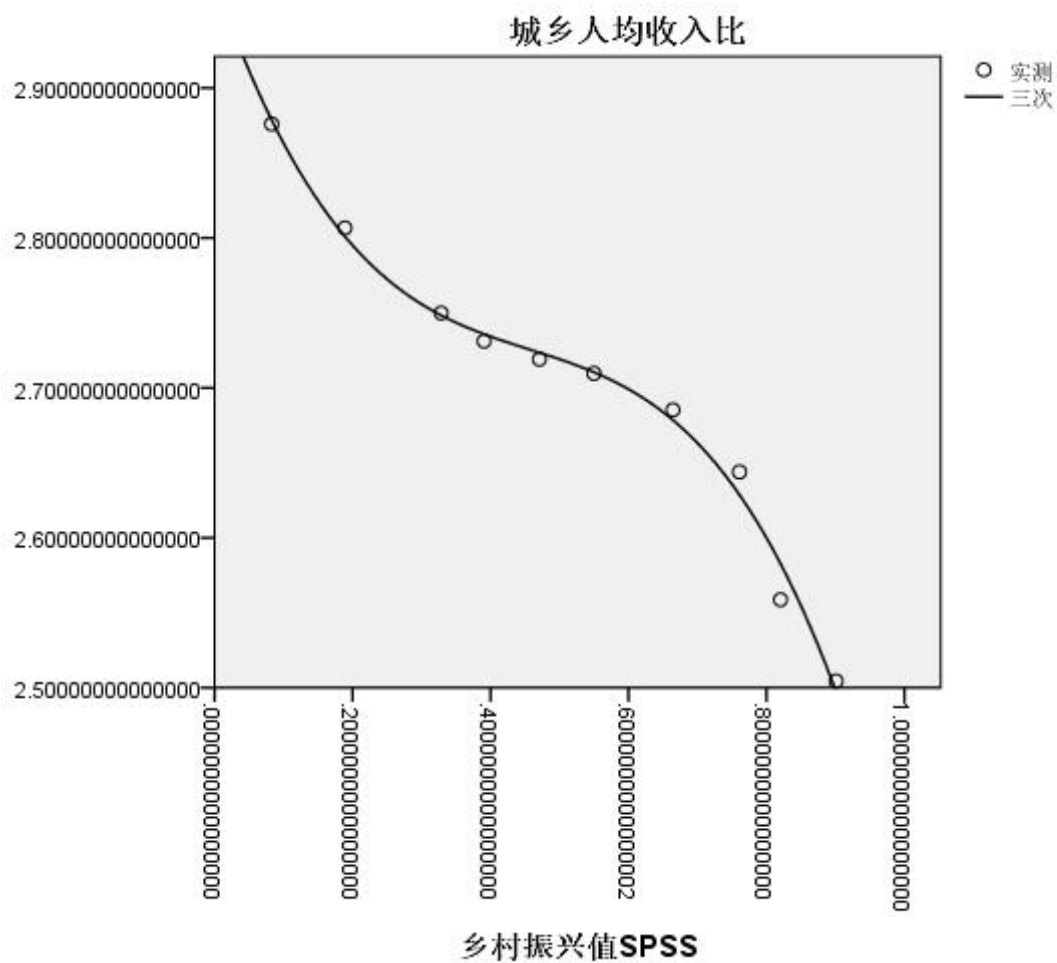


图 5 城乡收入差距与乡村振兴指标体系回归结果

(2) 城乡居民收入比 Z 与数字经济指标体系 Y 的回归计算结果如表 11 和图 6 所示, 拟合公式为:

$$Z = -1.291y^3 + 1.98y^2 - 1.159y + 2.957, R = 0.970 \tag{8}$$

表 11 数字经济指标体系回归系数求解

	未标准化系数		标准化系数	t	显著性
	B	标准误差	Beta		
数字经济值	-1.159	.564	-3.271	-2.053	.086

数字经济值 ** 2	1.980	1.145	6.151	1.729	.135
数字经济值 ** 3	-1.291	.674	-3.961	-1.916	.104
(常量)	2.957	.073		40.572	.000

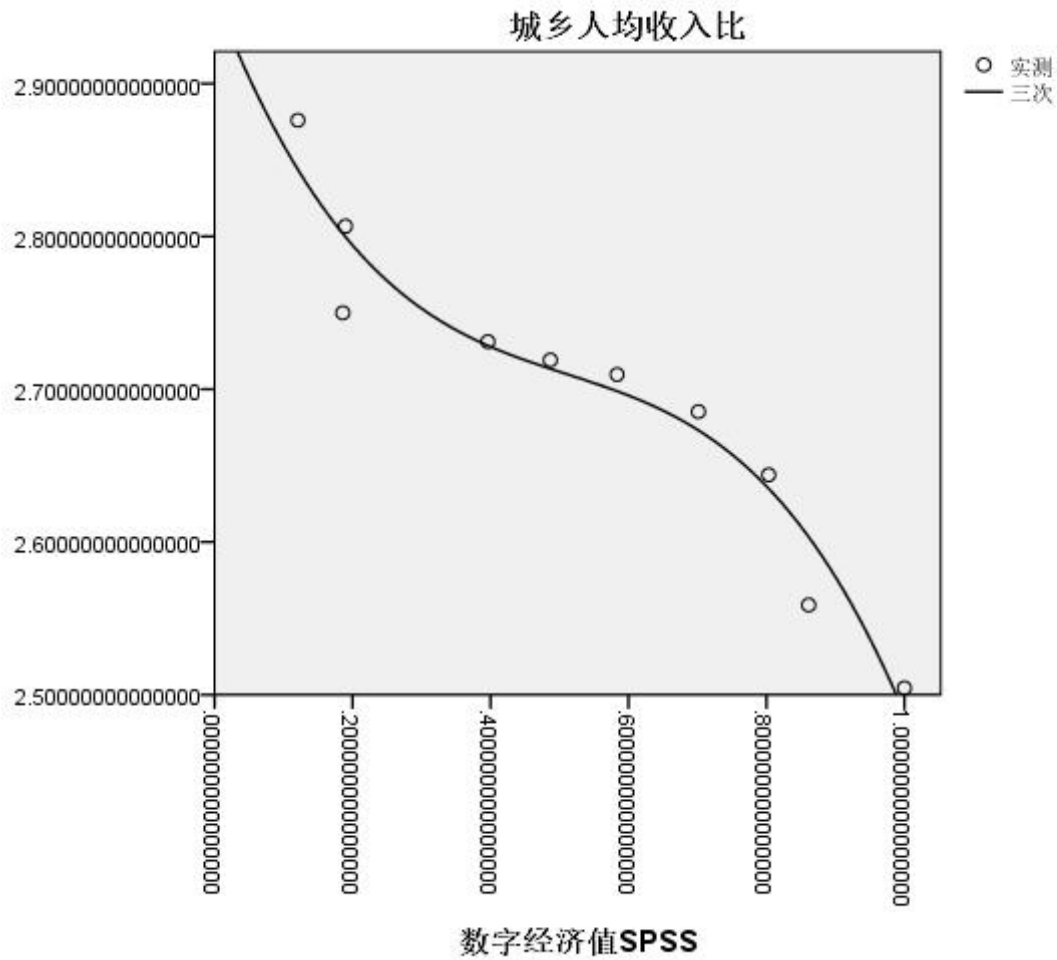


图 6 城乡收入差距与数字经济指标体系回归结果

(2) 回归拟合城乡居民收入比 Z 与乡村振兴指标体系 X 、数字经济指标体系 Y 的二元回归模型，得到公式 (9)；拟合城乡居民收入比 Z 与 $X1$ 至 $Y3$ 的 8 项准则的多元回归模型，得到公式 (10)。

$$Z = -0.473 \cdot F(x) + 0.078 \cdot G(y) + 2.901 \quad (9)$$

$$\begin{aligned} Z = & -0.862 \cdot F(x1) + 1.063 \cdot F(x2) - 1.18 \cdot F(x3) + 2.118F(x4) + 2.971F(x5) \\ & + 0.041 \cdot G(y1) + 0.372 \cdot G(y2) - 2.241 \cdot G(y3) + 2.848 \end{aligned} \quad (10)$$

5.3.2.3 实证检验

对全国 31 个省（直辖市）城乡收入差距描述性统计结果如表所示：

表 12 全国 31 个省 (直辖市) 城乡收入差距描述性统计

	个案数	最小值	最大值	平均值	标准差
全国	10	2.504	2.876	2.698	0.109
北京市	10	2.448	2.623	2.559	0.049
天津市	10	1.842	1.956	1.866	0.034
河北省	10	2.189	2.479	2.350	0.079
山西省	10	2.445	2.864	2.671	0.130
内蒙古自治区	10	2.420	2.968	2.758	0.176
辽宁省	10	2.240	2.675	2.515	0.138
吉林省	10	2.021	2.214	2.158	0.061
黑龙江省	10	1.881	2.258	2.116	0.124
上海市	10	2.140	2.357	2.258	0.066
江苏省	10	2.155	2.374	2.272	0.063
浙江省	10	1.943	2.141	2.049	0.063
安徽省	10	2.341	2.649	2.479	0.089
福建省	10	2.202	2.524	2.378	0.095
江西省	10	2.231	2.479	2.357	0.074
山东省	10	2.263	2.577	2.427	0.088
河南省	10	2.116	2.492	2.313	0.114
湖北省	10	2.206	2.403	2.299	0.052
湖南省	10	2.452	2.763	2.613	0.086
广东省	10	2.459	2.698	2.588	0.072
广西壮族 自治区	10	2.355	3.000	2.689	0.209
海南省	10	2.225	2.616	2.412	0.115
重庆市	10	2.403	2.791	2.575	0.118
四川省	10	2.358	2.715	2.528	0.109
贵州省	10	3.050	3.607	3.299	0.167
云南省	10	2.881	3.435	3.151	0.173
西藏自治区	10	2.746	3.223	2.985	0.143
陕西省	10	2.761	3.225	3.002	0.137
甘肃省	10	3.165	3.646	3.418	0.135
青海省	10	2.775	3.278	3.038	0.143
宁夏回族 自治区	10	2.497	2.879	2.720	0.114
新疆维吾尔 自治区	10	2.417	2.795	2.676	0.133

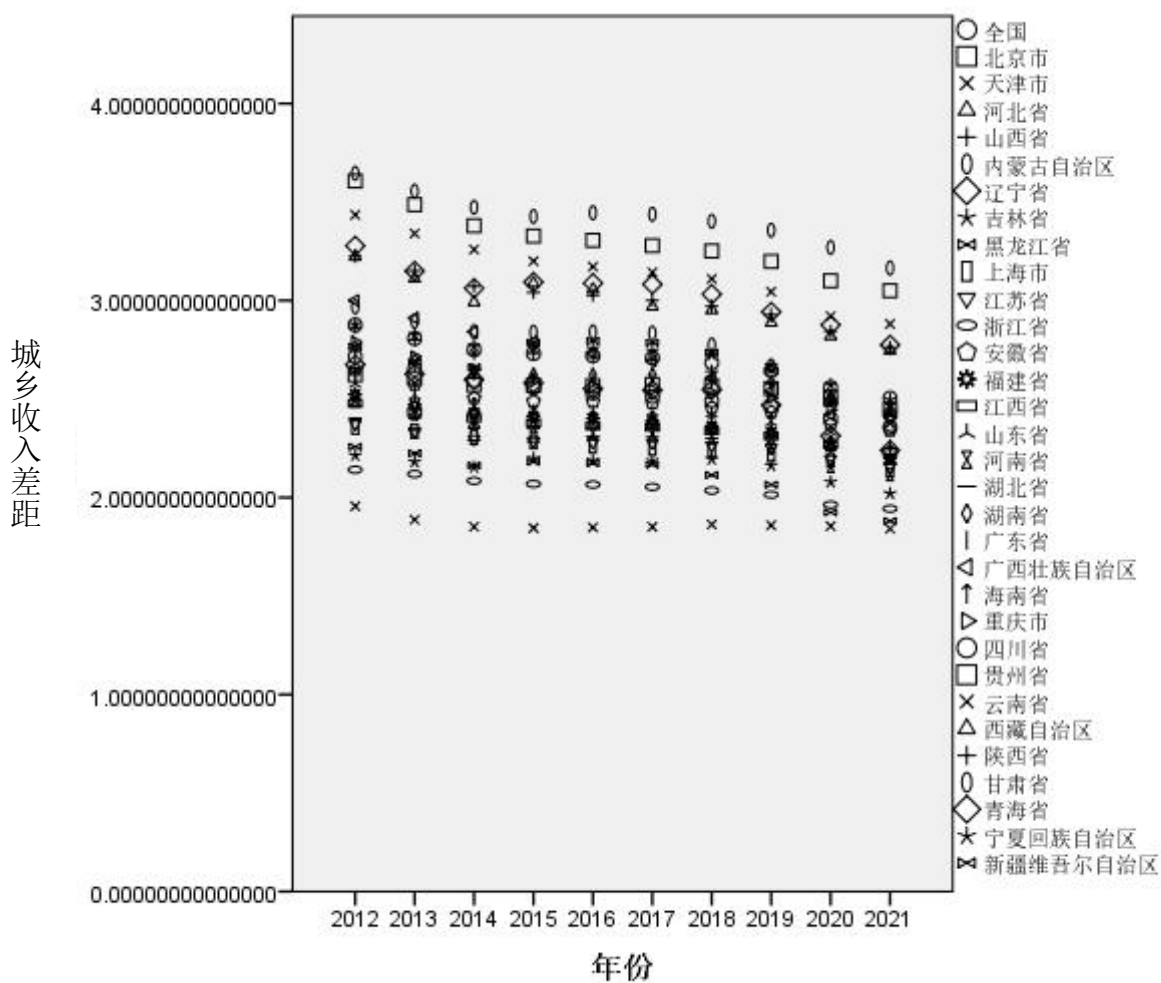


图 7 全国 31 个省（直辖市）城乡收入差距比描述统计

根据全国 31 个省（直辖市）城乡收入差距描述性统计结果分析，选取北京和内蒙古 2 个城乡收入差距较大的样本和天津 1 个城乡收入差距较小的样本进行具体分析，得到 3 个样本的实证分析结果，具体为：

(1) 北京

$$Z(x) = -1.463x^3 + 1.954x^2 - 0.835x + 2.688, R = 0.986 \quad (11)$$

$$Z(y) = -1.060y^3 + 1.571y^2 - 0.755y + 2.687, R = 0.976$$

(2) 内蒙古

$$Z = -3.05x^3 + 3.562x^2 - 1.484x + 3.065, R = 0.989 \quad (12)$$

$$Z = -1.271y^3 + 1.318y^2 - 0.644y + 2.981, R = 0.966$$

(3) 天津

$$Z = -1.194x^3 + 2.058x^2 - 1.098x + 2.032, R = 0.998 \quad (13)$$

$$Z = -1.105y^3 + 2.047y^2 - 1.147y + 2.040, R = 0.870$$

5.3.3 问题 3 的求解

5.3.3.1 基准模型

根据城乡收入差距比(Z)与乡村振兴(X)和数字经济(Y)指标体系的回归模型,分别求取城乡收入差距比为 1.25 时的乡村振兴值和数字经济值,按照归一化的指标体系数据结果,预测达到预期乡村振兴指标和数字经济指标的时间,基准模型如图 8 所示.

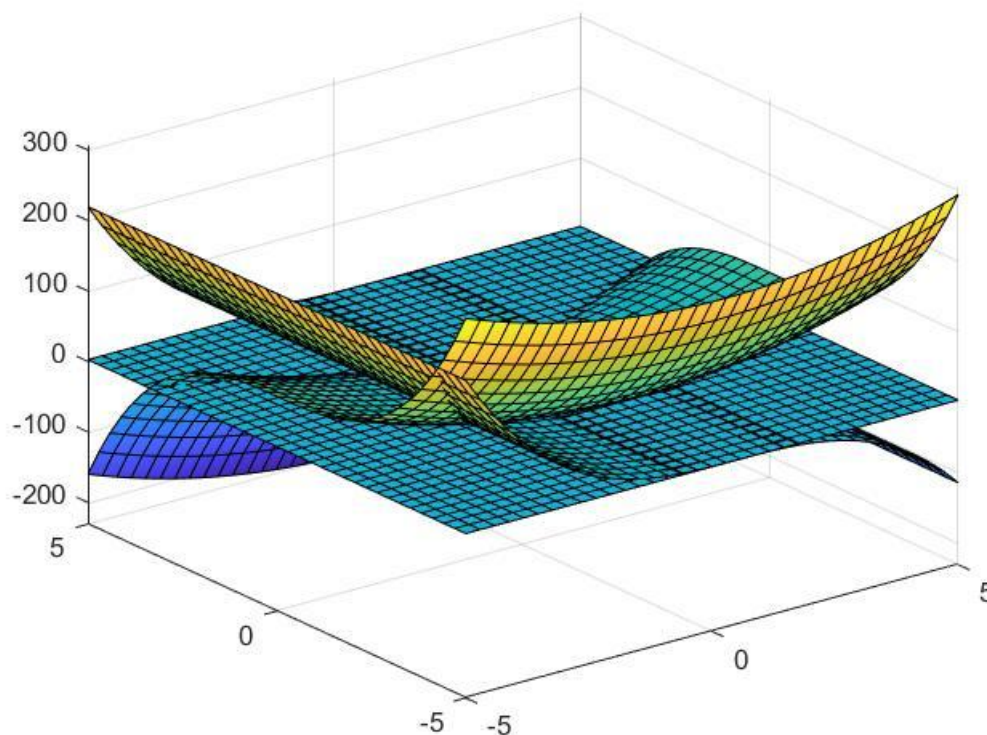


图 8 城乡收入比的时间测算基准模型

5.3.3.2 模型求解

按照城乡居民收入比 Z 与乡村振兴指标体系 X 的回归计算结果,运用 SPSS 求解分析三次回归模型训练集,即可求解出达到 OECD 成员国城乡收入差距为 1.25 基础水平的时间.

(1) 当数字经济增长速度恒定时,达到乡村振兴预期指标的时间为 23.386 年,即 $T(x)$ 约为 2044 年至 2045 年.

(2) 当乡村振兴增长速度恒定时,达到数字经济预期指标的时间为 16.823 年,即 $T(y)$ 约为 2037 年至 2038 年.

综合分析近 10 年国家相关政策,以及乡村振兴和数字经济的发展力度,本研究认为近 5 年来数字经济发展速度出现“过载”现象,乡村振兴发展速度相对较慢.近 3 年以来,受新冠肺炎疫情的疫情影响,乡村振兴指标增长速率呈现出衰减趋势,综合考虑,根据回归预测模型的计算结果,国家还需在乡村振兴指标体系的相关内容建设上增大投入力度,协调发展产业兴旺与生态宜居等业态,在疫情受到有效控制的基础上,大约需要经过 23 年至 25 年可达到城乡居民收入差距比为 1.25 的水平.

5.4 结果分析

5.4.1 数字经济与乡村振兴的耦合协调水平

5.4.1.1 系统耦合协调测算综合分析

通过阶段划分和实证结果发现,目前中国数字经济—乡村振兴耦合系统已于 2019 年完成转型发展,2020 年和 2021 年的耦合协调等级均为优质协调,标志着我国乡村振兴战略任务已步入高速稳定的优质协调发展阶段.通过系统耦合数据分析可见,目前我国农村数字经济发展水平普遍落后于乡村振兴,但是两者差距在耦合过程中逐步缩小,匹配性和带动性逐渐增强;根据耦合协调度计算发现,数字经济与乡村振兴之间存在强烈的相关性,2016 年以前的耦合协调性差,普遍处于低度协调耦合和中度协调耦合的较低层次;根据区域差异反常态现象判断,数字经济与乡村振兴的相关性和协调性成反比,相关性高的地区,协调性反而低.综合分析,可以判断系统耦合结果表明各准则指标的影响程度为:农业数字化>数字基础设施>农业数字产业化,产业兴旺>生态宜居>治理有效>乡风文明>生活富裕.

5.4.1.2 子系统综合发展指数分析

数字经济和乡村振兴两个子系统的发展指数,能够清晰的展示两个子系统发展指数之间的差距,赋予数字经济和乡村振兴发展同等权重,利用熵权法和 SPSS 法分别对耦合协调度进行计算,两种计算方法得出来的协调指数 T 值和耦合协调度 D 值的发展趋势一致,耦合协调程度完全一样.因此,本文认为,此种计算方法是有效可靠的.结合协调指数 T 值、耦合协调度 D 值和耦合协调程度综合发展情况,更加能清晰的展示两种发展指数的耦合差.

整体而言,随着数字经济和乡村振兴战略的持续推进和向好向上发展,协调指数 T 值也随着时间的推进逐年增加,这说明数字经济和乡村振兴都利益与城乡的发展与建设.随着时间的推进,耦合协调度 D 值逐年攀升,且攀升趋势基本一致,但是,具有同等耦合度并不代表两者之间高水平的协调发展,如 2018 年和 2020 年.由此,可以得出,耦合协调度不仅与耦合度有关,还与两个子系统综合发展指数密切相关,子系统发展失调,同样无法实现高水平协调发展.

5.4.1.3 子系统的耦合协调程度分析

计算耦合系统的耦合度和协调度,分子分母分别表示耦合度和协调度.整体而言,绝大多数省份的耦合度一直稳定在 0.9 以上,处于高水平耦合阶段,说明中国数字经济与乡村振兴两个子系统之间存在紧密的相互依赖、相互作用关系,也就是数字经济与乡村系统之间存在强烈的相关性.但是,具有高水平耦合度并不代表两者之间高水平的协调发展.从实证检验结果可以看出,全国整体耦合协调度普遍偏低,绝大多数年份都处于低度协调耦合和中度协调耦合区间,个别年份勉强达到了高度协调耦合区间,协调度基本上为耦合度的一半,但逐年呈现上升趋势,主要得益于近几年农村地区数字经济和乡村振兴的相关政策驱动.也就是,相关性和协调性成反比,相关性高的地区,协调性反而低,这主要是因为数字经济与乡村振兴子系统演化速度和方向不稳定所致,当相关性高的时候难以实现两者的高水平协调.

5.4.2 影响城乡居民收入差距的特征与机制

研究结果表明,治理有效、生活富裕、农业数字产业化三个维度对城乡差距的影响较大;数字基础设施、农业数字化两个维度对城乡差距的影响较小.通过影响机制分析发现,生活富裕的影响因素最大.生活富裕主要体现为公共基础设施、就业服务体系、

公共服务供给,因此,通过发展公共基础设施、就业服务体系、公共服务供给途径缩小城乡收入差距的效果最强.农民的收入主要来源于农业生产,因此,发展产业兴旺对缩小城乡居民收入差距有重要作用.此外,由于农村地区教育水平落后,与城市的教育水平一直存很大差距,劳动力素质普遍低于城镇地区,影响了城乡收入差距.

5.4.3 缩减与 OECD 成员国差距的措施建议

根据研究结果,提出五条措施建议:

第一,应加大数字基础设施补短板力度.加强数字基础设施如大数据中心、5G 网络、物联网等基础设施建设,为数字经济的发展提供强有力的支撑.

第二,提高人力资本水平,建立健全数字技术人才培养体系.应以"人才强国战略"为依托,大力储备数字人才,建立健全多维度、多样化的数字技术人才培养体系,依靠数字技术的便利性和快捷性提高农村居民受教育的深度和广度,提高农村地区人力资本水平.

第三,以数字经济引领创新发展,加快推进数字产业化、产业数字化建设.激发创新活力,提高人民群众的版权意识,健全知识产权法律制度,加快推动创新扶持机制建设和创新培训教育.

第四,以数字经济时代为契机加快推进新型城镇化建设.健全数字治理和数字服务体系,加快推进公共就业服务信息化平台建设,提升农村居民进城务工就业服务能力和管理水平.

第五,充分利用数字经济发展浪潮全面推进乡村振兴战略.通过引进先进的数字技术和管理治理经验,加快农业农村现代化建设,提高农村地区的人力资本水平与创业活力,解决农村剩余劳动力的就业与创业问题,增加农村居民可支配收入,依托数字经济全面推进农村经济振兴、教育振兴、文化振兴、生态振兴.

6 模型应用及分析

6.1 指标体系理论分析

一方面,本文构建模型的理论层面比较系统科学,从题目中给出的乡村振兴和数字经济 8 个维度入手,通过查阅大量的文献资料和当前乡村发展的实际情况,选取了与这 8 个维度紧密相关的 28 个指标体系,结合 2012 年至 2021 年十年的统计数据,主要利用 SPSS 和熵权法等主要方法进行计算和分析,并从定量定性相结合的角度进一步揭示两者的相向关系,并将数字经济与乡村振兴耦合协调过程中可能存在的阻碍因素一并加以研究.另一方面,本文虽然采用了大量的数据,但是资源库中部分数据尚未更新,有些是近五年的数据,也没有达到采用近十年数据的标准,个别数据缺失也是通过差值法进行填补,以及数据收集渠道的单一和时间的限制等种种原因导致本文指标体系数据分析还不尽完善,模型论证还可以进一步细化和验证.

6.2 系统耦合等级分析

通过从乡村振兴和数字经济以及乡村振兴产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效生活富裕的 5 个维度和数字经济数字基础设施、农业数字数字、农业数字产业化的 3 个维度分别进行两两耦合协调度分析,根据耦合测度发现,数字经济与乡村振兴之间存在强烈的相关性,且总体协调度和各个维度协调度发展一致.以及协调程度基本趋于稳定.本文建立数字经济与乡村振兴耦合协调评价指标体系,利用考虑时间的熵值法及

SPSS 法二者相结合的方法,并借助耦合协调度模型分析二者耦合协调发展水平及时空演变趋势.同时,利用障碍度模型对数字经济与乡村振兴耦合协调过程中存在的障碍因素进行分析,旨在丰富与补充学术界相关研究,为建设数字乡村、推动经济高质量发展提供借鉴.

6.3 模型的稳健性检验

一是在对数据指标进行信度和效度检验,得到乡村振兴指标体系的 α 系数值为 0.993,数字经济指标体系的 α 系数值为 0.964,耦合系统的 α 系数值为 0.994,表明指标体系构建的内在一致性较高,数字经济指标体系的 KMO 值为 0.702,巴特利特球形度检验表现为极显著,说明指标体系结构较稳定,在此基础上,通过熵权法和主成分分析法对指标权重进行求解,具有较好的一致性.

二是使用城乡居民可支配收入的比值作为城乡居民收入差距的衡量指标,对全国 31 个省(直辖市)的近 10 年数据进行实证性的回归分析检验,在替换被解释变量进行重新回归后,结果表明模型具有较强的稳健性.

7 模型评价与改进

7.1 模型的优点

- (1) 从系统耦合视角切入,创新性地将数字经济与乡村振兴纳入统一框架,根据法律政策依据、理论依据和现实依据三个原则构建数字经济与乡村振兴耦合的理论模型,据此构建数字经济—乡村振兴耦合系统指标体系,再通过实证分析对理论模型进行阐释,理论模型与实证分析互为支撑、互为补充,所构建的模型贴合实际,具有较高的应用价值.
- (2) 引入了耦合协调度 D 来表示乡村振兴与数字经济两个系统相互作用影响程度,耦合作用和协调程度决定了耦合系统演化发展状况,将复杂问题简单化,参数设置合理,模型的输出结果符合题目要求,能解决实际问题.

7.2 模型的不足

- (1) 数据样本收集有限不够多,实证检验可能会存在一定的误差.
- (2) 不管什么预测模型,都会因为初始值、搜索等过程的随机性,导致其性能(结果)存在一定的波动,将预测模型与回归分析相结合,可能会导致预测误差被放大和实际结果的不稳定性.
- (3) 对问题 2、问题 3 建模时,忽略了中介效应的影响.

7.3 模型的改进

本研究从理论和实践方面对数字经济与乡村振兴耦合的系列问题做了回应,并对缩小城乡收入差距进行了分析和预测.下一步,可以增加样本数据的收集数量,增加预测结果的准确性.

参考文献

- [1] 张旺, 白永秀. 数字经济与乡村振兴耦合的理论构建、实证分析及优化路径[J].中国软科学; 2022(1):132-146.
- [2] 王军, 朱杰, 罗茜.中国数字经济发展水平及演变测度 [J] .数量经济技术经济研究, 2021, 38(7):26-42.
- [3] 周成, 冯学钢, 唐睿.区域经济—生态环境—旅游产业耦合协调发展分析与预测——以长江经济带沿线各省市为例 [J] .经济地理, 2016, 36(3):186-193.
- [4] 陈斌开, 林毅夫.发展战略、城市化与中国城乡收入差距 [J] .中国社会科学, 2013(4):81-102, 206.
- [5] 刘军, 曹雅茹, 鲍怡发等.制造业智能化对收入差距的影响研究 [J] .中国软科学, 2021(3):43-52.
- [6] 欧阳志刚, 陈普.要素禀赋、地方工业行业发展与行业选择 [J] .经济研究, 2020, 55(1):82-98.
- [7] 李盛基, 吕康银, 金凤龄.财政教育支出减贫的空间溢出效应分析 [J] .税务与经济, 2016(6):48-52.

附 录

代码清单 1 熵值法求解指标权重

```
clc;clear;
% 实现用熵值法求各指标(列) 的权重及各数据行的得分
% x为原始数据矩阵, 一行代表一个样本, 每列对应一个指标
% s返回各行得分, w返回各列权重
NIR = xlsread('C:\Users\木瓜\Desktop\第七届湖南省研究生数学建模竞赛题目\0-第1问-耦合协调指数.xlsx');
X = NIR(:,2:end);
x=NIR(:,2:end); %X为工作表中的样本数据
%% 数据的正向化处理
[n,m]=size(x); % X中有n个样本, m个指标
disp(['共有' num2str(n) '个评价对象, ' num2str(m) '个评价指标'])
Judge = input(['这' num2str(m) '个指标是否需要经过正向化处理, 需要请输入1 , 不需要输入0: ']);

if Judge == 1
    Position = input('请输入需要正向化处理的指标所在的列, 例如第2、3、6三列需要处理, 那么你需要输入[2,3,6]: '); %[2,3,4]
    disp('请输入需要处理的这些列的指标类型 (1: 极小型, 2: 中间型, 3: 区间型) ');
    Type = input('例如: 第2列是极小型, 第3列是区间型, 第6列是中间型, 就输入[1,3,2]: '); %[2,1,3]
    % 注意, Position和Type是两个同维度的行向量
    for i = 1 : size(Position,2) %这里需要对这些列分别处理, 因此我们需要知道一共要处理的次数, 即循环的次数
        X(:,Position(i)) = Positivization(X(:,Position(i)),Type(i),Position(i));
        % Positivization是我们自己定义的函数, 其作用是进行正向化, 其一共接收三个参数
        % 第一个参数是要正向化处理的那一列向量 B(:,Position(i)) X(:,n)表示取第n列的全部元素
        % 第二个参数是对应的这一列的指标类型 (1: 极小型, 2: 中间型, 3: 区间型)
        % 第三个参数是告诉函数我们正在处理的是原始矩阵中的哪一列
        % 该函数有一个返回值, 它返回正向化之后的指标, 我们可以将其直接赋值给我们原始要处理的那一列向量
    end
    disp('正向化后的矩阵 X = ')
    disp(X)
end
%% 数据的归一化处理
% Matlab2010b,2011a,b版本都有bug,需如下处理. 其它版本直接用[X,ps]=mapminmax(x',0,1);即可

[B,ps]=mapminmax(X');
ps.ymin=0.002; % 归一化后的最小值
ps.ymax=0.996; % 归一化后的最大值
ps.yrange=ps.ymax-ps.ymin; % 归一化后的极差,若不调整该值, 则逆运算会出错
B=mapminmax(X',ps);
% mapminmax('reverse',xx,ps); % 反归一化, 回到原数据
B=B'; % B为归一化后的数据
%% 计算第j个指标下, 第i个记录占该指标的比重p(i,j)
for i=1:n
```

```

        for j=1:m
            p(i,j)=B(i,j)/sum(X(:,j));
        end
    end
end
%% 计算第j个指标的熵值e(j)
k=1/log(n);
for j=1:m
    e(j)=-k*sum(p(:,j).*log(p(:,j)));
end
d=ones(1,m)-e; % 计算信息熵冗余度
w=d./sum(d); % 求权值w
s=w*p'; % 求综合得分[\code]
disp("信息冗余度为");disp(d)
disp("各样本综合得分s为");disp(s);
disp("各指标权重w为");disp(w);

% function [输出变量] = 函数名称(输入变量)
% 函数的中间部分都是函数体
% 函数的最后要用end结尾
% 输出变量和输入变量可以有多个，用逗号隔开
% function [a,b,c]=test(d,e,f)
%     a=d+e;
%     b=e+f;
%     c=f+d;
% end
% 自定义的函数要单独放在一个m文件中，不可以直接放在主函数里面（和其他大多数语言不同）

function [posit_x] = Positivization(x,type,i)
% 输入变量有三个：
% x: 需要正向化处理的指标对应的原始列向量
% type: 指标的类型（1: 极小型， 2: 中间型， 3: 区间型）
% i: 正在处理的是原始矩阵中的哪一行
% 输出变量posit_x表示: 正向化后的列向量
    if type == 1 %极小型
        disp(['第' num2str(i) '列是极小型，正在正向化'] )
        posit_x = Min2Max(x); %调用Min2Max函数来正向化
        disp(['第' num2str(i) '列极小型正向化处理完成'] )
        disp('~~~~~分界线~~~~~')
    elseif type == 2 %中间型
        disp(['第' num2str(i) '列是中间型'] )
        best = input('请输入最佳的那一个值: ');
        posit_x = Mid2Max(x,best);
        disp(['第' num2str(i) '列中间型正向化处理完成'] )
        disp('~~~~~分界线~~~~~')
    elseif type == 3 %区间型
        disp(['第' num2str(i) '列是区间型'] )
        a = input('请输入区间的下界: ');
        b = input('请输入区间的上界: ');
        posit_x = Inter2Max(x,a,b);
        disp(['第' num2str(i) '列区间型正向化处理完成'] )
    end
end

```

```

disp('~~~~~分界线~~~~~')
else
    disp('没有这种类型的指标, 请检查Type向量中是否有除了1、2、3之外的其他值')
end
end

function [posit_x] = Inter2Max(x,a,b)
    r_x = size(x,1); % row of x
    M = max([a-min(x),max(x)-b]);
    posit_x = zeros(r_x,1); %zeros函数用法: zeros(3) zeros(3,1) ones(3)
    % 初始化posit_x全为0 初始化的目的是节省处理时间
    for i = 1: r_x
        if x(i) < a
            posit_x(i) = 1-(a-x(i))/M;
        elseif x(i) > b
            posit_x(i) = 1-(x(i)-b)/M;
        else
            posit_x(i) = 1;
        end
    end
end

function [posit_x] = Mid2Max(x,best)
    M = max(abs(x-best));
    posit_x = 1 - abs(x-best) / M;
end

function [posit_x] = Min2Max(x)
    posit_x = max(x) - x;
    %posit_x = 1 ./ x; %如果x全部都大于0, 也可以这样正向化
end

```